

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の伝送区間と前記第 1 の伝送区間よりも伝送遅延が大きい第 2 の伝送区間との間で、前記第 1 の伝送区間を介して伝送されたパケットを前記第 2 の伝送区間へ転送するパケット中継装置であって、前記第 2 の伝送区間へ転送済みのパケットを蓄えておくバッファ手段と、

前記転送されたパケットを受信する受信装置から通知された最大受信可能データ量を超えて、前記第 1 の伝送区間から受信したパケットを前記第 2 の伝送区間へ送信し、また、前記バッファ手段内のパケットを使用して送達未確認パケットの再送を行うパケット転送手段と、前記第 2 の伝送区間へ送信されたパケットについての送達確認応答パケットを、前記受信装置からの受信を待たずに代行して前記第 1 の伝送区間へ送信する送達確認応答代行手段と、

前記第 2 の伝送区間へパケットを送信してから、該パケットの送達確認応答パケットを前記受信装置から受信するまでの往復遅延時間に基づいて、前記パケット転送手段の最大送信可能データ量を増加または減少させる輻輳回避手段と、

を具備することを特徴とするパケット中継装置。

【請求項 2】 送達未確認のパケットがあることを検出した場合に、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定し、前記パケット転送手段に前記再送を指示し、前記受信装置から送達確認応答パケットを受信する毎に、順次、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定する輻輳回復手段を具備することを特徴とする請求項 1 に記載のパケット中継装置。

【請求項 3】 前記輻輳回復手段は、再送タイムアウトによって前記検出がなされた場合には、前記再送された送達未確認パケットの送達確認応答パケットを受信するまで、該送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として使用し続けることを特徴とする請求項 2 に記載のパケット中継装置。

【請求項 4】 前記受信装置からウィンドウ閉塞通知を受信した場合、該通知受信時点からウィンドウ回復通知受信時点までの時間を計測し、この計測の結果、所定時間以上の経過を条件として前記パケット転送手段に前記再送を指示するウィンドウ閉塞対処手段を具備することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかの項に記載のパケット中継装置。

【請求項 5】 前記ウィンドウ閉塞対処手段は、再送タイムアウトが発生した場合には、前記パケット転送手段に少なくとも一つの送達未確認パケットの再送を指示することを特徴とする請求項 4 に記載のパケット中継装置。

10 前記第 2 の伝送区間へ転送済みのパケットを蓄えておき、この蓄えておいたパケットを使用して送達未確認パケットの再送を行う過程と、
前記第 2 の伝送区間へ送信されたパケットについての送達確認応答パケットを、前記受信装置からの受信を待たずに代行して前記第 1 の伝送区間へ送信する過程と、
前記第 2 の伝送区間へパケットを送信してから、該パケットの送達確認応答パケットを前記受信装置から受信するまでの往復遅延時間を計測する過程と、
この往復遅延時間に基づいて、前記第 2 の伝送区間への最大送信可能データ量を増加または減少させる過程と、
を含むことを特徴とするパケット中継方法。

【請求項 7】 送達未確認のパケットがあることを検出する過程と、
送達未確認のパケットがあった場合に、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定し、前記再送を指示する輻輳回復過程とをさらに含み、
前記輻輳回復過程は、

前記受信装置から送達確認応答パケットを受信する毎に、順次、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定する処理を含むことを特徴とする請求項 6 に記載のパケット中継方法。

【請求項 8】 前記輻輳回復過程は、再送タイムアウトによって前記検出がなされた場合には、前記再送された送達未確認パケットの送達確認応答パケットを受信するまで、該送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として使用し続ける処理をさらに含むことを特徴とする請求項 7 に記載のパケット中継方法。

【請求項 9】 前記受信装置からウィンドウ閉塞通知を受信した場合、該通知受信時点からウィンドウ回復通知受信時点までの時間を計測する過程と、
この計測の結果、所定時間以上の経過を条件として前記再送を指示するウィンドウ閉塞対処過程をさらに含むことを特徴とする請求項 6 乃至請求項 8 のいずれかの項に記載のパケット中継方法。

50 【請求項 10】 前記ウィンドウ閉塞対処過程は、再送タイムアウトが発生した場合には、少なくとも一つの送達未確認パケットの再送を指示する処理をさらに含

むことを特徴とする請求項 9 に記載の packets 中継方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、異なる伝送遅延を有した二つの伝送区間の間で packets を中継する packets 中継装置、及びその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】異なる伝送遅延を有した二つの伝送区間の間で packets を中継する従来の packets 中継装置として、例えば特開平 11-252179 号公報に記載される装置が知られている。図 12 は、この従来の packets 中継装置（ゲートウェイ）41 を備えた衛星通信システムの全体構成を示すブロック図である。

【0003】この図 12 において、符号 1 は通信衛星である。符号 2 は通信衛星 1 による衛星回線 6、7 を利用して通信を行う通信事業者の通信システム（以下、通信事業者システムと称する）である。この通信事業者システム 2 は、ゲートウェイ 41 と、衛星ルータ 22 と、衛星アンテナ 23 とから構成される。符号 3 は通信事業者システム 2 の加入者が備えるローカルエリアネットワーク（LAN）システムである。この加入者 LAN システム 3 は、加入者が使用する端末 3 と、衛星ルータ 22 と、衛星アンテナ 23 と、端末 3 および衛星ルータ 22 をそれぞれ接続する LAN 3 とから構成される。複数の加入者 LAN システム 3 が通信衛星 1 を介して通信事業者システム 2 との間で通信を行う。

【0004】符号 4 は、TCP および IP に基づいた packets（以下、単に packets と称する）により、端末 3 1 との間でデータ通信を行うサーバである。符号 5 は、サーバ 4 とゲートウェイ 41 を接続するインターネットと呼ばれるコンピュータネットワークである。

【0005】上記図 12 の衛星通信システムにおいて、通信事業者システム 2 は、複数の加入者 LAN システム 3 との間で一つの衛星回線 6 を共有して使用し、下り方向（通信事業者設備 2 から加入者 LAN システム 3 へ）の通信を行う。一方、上り方向（加入者 LAN システム 3 から通信事業者設備 2 へ）の通信については、加入者 LAN システム 3 毎にそれぞれ個別の衛星回線 7 を使用して通信する。

【0006】また、これら衛星回線 6、7 は伝送遅延時間が大きい回線である。例えば、上り下りの往復遅延時間は 600 m 秒であり、これはインターネット 5 を利用した通信の往復遅延時間よりも大きい。

【0007】従来のゲートウェイ 41 は、サーバ 4 からインターネット 5 を介して受信した packets を、衛星回線 6 を介して端末 3 1 へ転送するために衛星ルータ 22 へ出力する。また、端末 3 1 から衛星回線 7 を介して衛星アンテナ 23 および衛星ルータ 22 により受信された packets については、インターネット 5 へ出力するが、

送達確認応答 packets は廃棄する。

【0008】その代わりに、ゲートウェイ 41 は、サーバ 4 から受信した packets についての送達確認応答 packets を生成し、該サーバ 4 へ送信する送達確認応答代行機能を有する。この送達確認応答代行機能は、サーバ 4 から端末 3 1 へ送信された packets についての送達確認応答 packets を、該端末 3 1 からの受信を待たずに代行して送信する機能である。この送達確認応答代行機能によって、図 9 に示すように、複数の packets（DATA 1～5）についての送達確認応答 packets（FACK 1～5）が、端末 3 1 からの送達確認応答 packets（ACK 1～5）の受信前に、ゲートウェイ 21 からサーバ 4 へ送信される。

【0009】また、ゲートウェイ 41 は、端末 3 1 から通知された受信ウィンドウサイズ（rwin；最大受信可能データ量）を超えて、サーバ 4 から受信した packets を端末 3 1 へ送信する。

【0010】このように従来のゲートウェイ 41 は、遅延の大きい衛星回線を介して伝送される端末 3 1 からの送達確認応答 packets を待たずに、サーバ 4 へ送達確認応答 packets を代行して送信し、サーバ 4 に packets をさらに送信させる。このサーバ 4 から受信した packets を端末 3 1 から通知された受信ウィンドウサイズを超えて、端末 3 1 へ送信する。これにより、異なる伝送遅延を有した二つの伝送区間（インターネット区間と衛星回線区間）からなる伝送路において、遅延の大きな伝送区間の影響を受けることがなくなり、この結果、伝送効率を向上することが可能となっている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した従来の packets 中継装置では、遅延の大きな伝送区間の下り回線と上り回線とが双方ともに十分なデータ伝送速度を有するものであることを前提としている。このために、遅延の大きな伝送区間の下り回線と上り回線のデータ伝送速度が非対称であった場合には、データ伝送速度が小さい方の回線が輻輳し、伝送効率が低下するという問題が生じる。

【0012】上記図 12 に示す衛星通信システムにおいては、一般的に、上りの衛星回線 7 は、下りの衛星回線 6 に比してデータ伝送速度が小さい。例えば、下りの衛星回線 6 のデータ伝送速度は毎秒 10 Mビットであり、上りの衛星回線 7 のデータ伝送速度は毎秒 64 Kビットである。このようなシステムにおいては、上り衛星回線 7 の輻輳により、遅延の増大や送達確認応答 packets の紛失等が発生し、この結果として、packets の再送等により伝送効率が低下してしまう。

【0013】また、ゲートウェイ 41 を複数備え、これらゲートウェイ 41 が下り衛星回線 6 を共有して使用する場合がある。この場合に、各ゲートウェイ 41 は、下り衛星回線 6 に空きの伝送帯域があれば、それぞれ端末

31から通知された受信ウィンドウサイズを超えてパケットを送信する。しかしながら、各ゲートウェイ41は、下り衛星回線6の空いている伝送帯域量を考慮することなく、送信しようとする。このため、それらゲートウェイ41から下り衛星回線6の伝送帯域以上のパケットが送信された場合には、下り衛星回線6で輻輳が発生することになる。この輻輳によっても、遅延の増大やパケットの紛失等が発生して、伝送効率が低下するという問題が生じる。

【0014】また、従来のパケット中継装置では、遅延の大きな伝送区間へのパケット再送時においても、その受信装置の受信ウィンドウサイズ（最大受信可能データ量）を超えてパケットを送信する。このために、さらに上り回線の輻輳が発生し、この輻輳からの回復に時間がかかるという問題も生じている。

【0015】上記図12の衛星通信システムにおいて、例えば、図13に示すように、ゲートウェイ41が複数のパケット（DATA1～8）を送達確認応答パケット（ACK1）の受信前に、端末31へ順次先送りし、パケット（DATA2）が端末31の輻輳により紛失したとする。この場合、ゲートウェイ41は、パケット（DATA1）についての送達確認応答パケット（ACK1）を連続して受信し、パケット（DATA2）の紛失を検出する。この例では、送達確認応答パケット（ACK1）を重複して三つ受信したことにより、パケット（DATA2）の紛失を検出してパケットの再送を開始している。なお、通常、TCPの再送手順では、内容が同一である送達確認応答パケットを四つ連続して受信すると、パケットの再送を行う。

【0016】ここで、ゲートウェイ41は、再送対象のパケット（DATA2～8）を端末31の受信ウィンドウサイズを超えて、連続して端末31へ送信する。これにより、端末31の輻輳がさらに拡大し、また、端末31がそれら再送パケットについての送達確認応答パケット（ACK2～8）を送信する際に、その上り衛星回線7にも輻輳が発生する。この結果、輻輳回復までにさらに時間がかかることになる。また、さらにパケットが紛失して輻輳がより拡大し、回復困難な輻輳状態に陥る場合もある。

【0017】また、端末31が何らかの理由でウィンドウを閉塞し、パケットの受信を行わない状態となった場合には、ゲートウェイ41が先送りしたパケットを端末31は廃棄するが、ゲートウェイ41は、端末31がウィンドウ閉塞中であるにもかかわらず、先送りしたパケットの再送を行ってしまう。この結果、無駄なパケットを送信することになり、パケットの再送を効率よく行うことができないという問題がある。さらに、無駄なパケットを送信することによって、複数の加入者で共有している下りの衛星回線6の伝送効率を低下させるという問題も生じる。

【0018】本発明は、このような事情を考慮してなされたもので、その目的は、異なる伝送遅延を有した二つの伝送区間からなる伝送路において、遅延の大きな伝送区間の影響を受けることなく伝送効率を向上することが可能であり、且つ、遅延の大きな伝送区間の下り回線と上り回線のデータ伝送速度が非対称であった場合に、データ伝送速度が小さい方の回線の輻輳により伝送効率が低下することを防止することができるパケット中継装置、及びその方法を提供することにある。

【0019】さらに、本発明は、遅延の大きな伝送区間へパケットを再送する場合に、輻輳からの回復時間を短縮することができるパケット中継装置、及びその方法を提供することも目的とする。

【0020】また、本発明は、受信装置のウィンドウ閉塞により紛失したパケットの再送を効率よく行うことができるパケット中継装置、及びその方法を提供することも目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、第1の伝送区間と前記第1の伝送区間よりも伝送遅延が大きい第2の伝送区間との間で、前記第1の伝送区間を介して伝送されたパケットを前記第2の伝送区間へ転送するパケット中継装置であって、前記第2の伝送区間へ転送済みのパケットを蓄えておくバッファ手段と、前記転送されたパケットを受信する受信装置から通知された最大受信可能データ量を超えて、前記第1の伝送区間から受信したパケットを前記第2の伝送区間へ送信し、また、前記バッファ手段内のパケットを使用して送達未確認パケットの再送を行うパケット転送手段と、前記第2の伝送区間へ送信されたパケットについての送達確認応答パケットを、前記受信装置からの受信を待たずに代行して前記第1の伝送区間へ送信する送達確認応答代行手段と、前記第2の伝送区間へパケットを送信してから、該パケットの送達確認応答パケットを前記受信装置から受信するまでの往復遅延時間に基いて、前記パケット転送手段の最大送信可能データ量を増加または減少させる輻輳回避手段とを具備することを特徴とする。

【0022】請求項2に記載の発明は、送達未確認のパケットがあることを検出した場合に、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定し、前記パケット転送手段に前記再送を指示し、前記受信装置から送達確認応答パケットを受信する毎に、順次、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定する輻輳回復手段を具備することを特徴とする請求項1に記載のパケット中継装置である。

【0023】請求項3に記載の発明は、前記輻輳回復手段は、再送タイムアウトによって前記検出がなされた場合には、前記再送された送達未確認パケットの送達確認

応答パケットを受信するまで、該送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として使用し続けることを特徴とする請求項 2 に記載のパケット中継装置である。

【0024】請求項 4 に記載の発明は、前記受信装置からウインドウ閉塞通知を受信した場合、該通知受信時点からウインドウ回復通知受信時点までの時間を計測し、この計測の結果、所定時間以上の経過を条件として前記パケット転送手段に前記再送を指示するウインドウ閉塞対処手段を具備することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかの項に記載のパケット中継装置である。

【0025】請求項 5 に記載の発明は、前記ウインドウ閉塞対処手段は、再送タイムアウトが発生した場合には、前記パケット転送手段に少なくとも一つの送達未確認パケットの再送を指示することを特徴とする請求項 4 に記載のパケット中継装置である。

【0026】請求項 6 に記載の発明は、第 1 の伝送区間と前記第 1 の伝送区間よりも伝送遅延が大きい第 2 の伝送区間との間で、前記第 1 の伝送区間を介して伝送されたパケットを前記第 2 の伝送区間へ転送するパケット中継装置におけるパケット中継方法であって、前記転送されたパケットを受信する受信装置から通知された最大受信可能データ量を超えて、前記第 1 の伝送区間から受信したパケットを前記第 2 の伝送区間へ送信する過程と、前記第 2 の伝送区間へ転送済みのパケットを蓄えておき、この蓄えておいたパケットを使用して送達未確認パケットの再送を行う過程と、前記第 2 の伝送区間へ送信されたパケットについての送達確認応答パケットを、前記受信装置からの受信を待たずに代行して前記第 1 の伝送区間へ送信する過程と、前記第 2 の伝送区間へパケットを送信してから、該パケットの送達確認応答パケットを前記受信装置から受信するまでの往復遅延時間を計測する過程と、この往復遅延時間に基づいて、前記第 2 の伝送区間への最大送信可能データ量を増加または減少させる過程とを含むことを特徴とする。

【0027】請求項 7 に記載の発明は、送達未確認のパケットがあることを検出する過程と、送達未確認のパケットがあった場合に、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定し、前記再送を指示する輻輳回復過程とをさらに含み、前記輻輳回復過程は、前記受信装置から送達確認応答パケットを受信する毎に、順次、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量として設定する処理を含むことを特徴とする請求項 6 に記載のパケット中継方法である。

【0028】請求項 8 に記載の発明は、前記輻輳回復過程は、再送タイムアウトによって前記検出がなされた場合には、前記再送された送達未確認パケットの送達確認応答パケットを受信するまで、該送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を前記最大送信可能データ量

として使用し続ける処理をさらに含むことを特徴とする請求項 7 に記載のパケット中継方法である。

【0029】請求項 9 に記載の発明は、前記受信装置からウインドウ閉塞通知を受信した場合、該通知受信時点からウインドウ回復通知受信時点までの時間を計測する過程と、この計測の結果、所定時間以上の経過を条件として前記再送を指示するウインドウ閉塞対処過程をさらに含むことを特徴とする請求項 6 乃至請求項 8 のいずれかの項に記載のパケット中継方法である。

【0030】請求項 10 に記載の発明は、前記ウインドウ閉塞対処過程は、再送タイムアウトが発生した場合には、少なくとも一つの送達未確認パケットの再送を指示する処理をさらに含むことを特徴とする請求項 9 に記載のパケット中継方法である。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照し、本発明の一実施形態について説明する。図 1 は、本発明の一実施形態によるゲートウェイ（パケット中継装置）21 を備えた衛星通信システムの全体構成を示すブロック図である。この図 1 において上記図 12 の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。

【0032】図 1 の衛星通信システムにおいて、通信事業者システム 2 は、従来のゲートウェイ 41 の代わりに本発明の一実施形態によるゲートウェイ 21 を備える。この通信事業者システム 2 は、複数の加入者 LAN システム 3 との間で一つの衛星回線 6 を共有して使用し、下り方向（通信事業者設備 2 から加入者 LAN システム 3 へ）の通信を行う。一方、上り方向（加入者 LAN システム 3 から通信事業者設備 2 へ）の通信については、加入者 LAN システム 3 毎にそれぞれ個別の衛星回線 7 を使用して通信する。上記上りの衛星回線 7 は、下りの衛星回線 6 に比してデータ伝送速度が小さい。例えば、下りの衛星回線 6 は毎秒 10 Mビットのデータ伝送速度であり、上りの衛星回線 7 は毎秒 64 Kビットである。

【0033】また、これら衛星回線 6、7 は伝送遅延時間が大きい回線である。例えば、上り下りの往復遅延時間は 600 m秒であり、これはインターネット 5 を利用した通信の往復遅延時間よりも大きい。

【0034】図 2 は、図 1 に示すゲートウェイ 21 の構成を示すブロック図である。この図 2 に示すゲートウェイ 21 は、衛星回線 6、7 を利用して加入者 LAN システム 3 との間でパケット通信を行う衛星回線対応通信部 51 と、インターネット 5 を利用してサーバ 4 との間でパケット通信を行うインターネット対応通信部 52 とから構成される。

【0035】衛星回線対応通信部 51 は、インターネット対応通信部 52 から入力されたパケットを衛星回線 6 を介して端末 31 へ転送する。また、衛星回線 7 を介して受信したパケットについては、インターネット対応通信部 52 へ出力するが、送達確認応答パケットは廃棄す

10

20

30

40

50

る。

【0036】インターネット対応通信部52は、サーバ4からインターネット5を介して受信したパケットを衛星回線対応通信部51に出力する。また、衛星回線対応通信部51から入力されたパケットをインターネット5へ出力する。また、サーバ4から受信したパケットについての送達確認応答パケットを生成し、該サーバ4へ送信する送達確認応答代行機能を有する。この送達確認応答代行機能は、サーバ4から端末31へ送信されたパケットについての送達確認応答パケットを、該端末31からの受信を待たずに代行して送信する機能である。この送達確認応答代行機能によって、図9に示すように、複数のパケット(DATA1~5)についての送達確認応答パケット(ACK1~5)が、端末31からの送達確認応答パケット(ACK1~5)の受信前に、ゲートウェイ21からサーバ4へ送信される。

【0037】図3は、図2に示す衛星回線対応通信部51の構成を示すブロック図である。この図3において、符号61は、インターネット対応通信部52から入力されたパケットを端末31へ転送するために、そのまま出力する送信処理部である。この送信処理部61は、端末31から通知された受信ウィンドウサイズ(rwin; 最大受信可能データ量)を超えて、サーバ4から受信したパケットを端末31へ送信する。また、送信処理部61は、送信したパケットをバッファ62に蓄積し、このバッファ62に蓄積したパケットを使用して送達未確認パケットの再送を行う。上記送信処理部61は、図9に示すように、インターネット対応通信部52から入力されたパケットDATA1~5をそのまま端末31へ転送する。

【0038】符号63は、端末31または衛星回線6、7等の輻輳状況に応じて送信処理部61の送信動作を制御する輻輳制御部である。この輻輳制御部63は、輻輳を回避するための処理を行う輻輳回避部66と、輻輳を回復させるための処理を行う輻輳回復部67と、端末31のウィンドウ閉塞時における対処を行うウィンドウ閉塞対処部68とから構成される。この輻輳制御部63は、端末31から送達確認応答パケットを受信すると、この送達確認応答パケットに含まれる受信ウィンドウサイズを送信処理部61へ通知する。

【0039】符号64は、端末31から受信したパケットをサーバ4へ転送するために、そのままインターネット対応通信部52へ出力する受信処理部である。ただし、送達確認応答パケットは廃棄し、出力しない。

【0040】符号65は、送信処理部61から入力されたパケットを衛星ルータ22へ出力し、また、衛星ルータ22から入力されたパケットを輻輳制御部63および*

$$ssthresh = c \times winoffset / (\text{確立中のTCPコネクション数}) \quad \cdots (2)$$

ただし、確立中のTCPコネクション数とは、自身のコネクションに加えて他のコネクションも加味した値であ

* 受信処理部64へ出力する送受インタフェース部である。この送受インタフェース部65から出力されたパケットは、衛星ルータ22および衛星アンテナ23により下り衛星回線6へ送出される。また、上り衛星回線7から入力されたパケットは、衛星アンテナ23および衛星ルータ22により送受インタフェース部65へ入力される。

【0041】なお、上記衛星回線対応通信部52およびインターネット回線対応通信部52の各処理部は専用のハードウェアにより実現されるものであってもよく、また、これら処理部はメモリおよびCPU(中央処理装置)により構成され、各処理部の機能を実現するためのプログラムをメモリにロードして実行することによりその機能を実現させるものであってもよい。

【0042】次に、上記図3の送信処理部61および輻輳制御部63の動作について詳細に説明する。初めに、図4を参照して、送信処理部61がサーバ4から受信したパケットを端末31へ転送する動作を説明する。図4は、図3に示す送信処理部61が行うパケット転送処理の流れを示すフローチャートである。先ず、送信処理部61は、TCPコネクションが確立すると、輻輳ウィンドウ(cwnd)に予め設定されている初期値(cwnd_init)を設定する。この輻輳ウィンドウ(cwnd)は、輻輳制御用のデータ送信制御値であって、最後に送達確認されたパケットから送信可能な最大データ量を示す値である。また、この輻輳ウィンドウ(cwnd)は、輻輳制御部63に通知される(図4のステップS1、S2)。

【0043】次いで、送信処理部61は、送信ウィンドウ(sndwin; 最大送信可能データ量)を(1)式により、端末31から通知された受信ウィンドウサイズ(rwin)に一定の先送り可能なデータ量(winoffset)を加えた値、あるいは、輻輳ウィンドウ(cwnd)のいずれか小さい値に決定する。送信処理部61は、この送信ウィンドウ(sndwin)の範囲内において、受信ウィンドウサイズ(rwin)を超えて端末31へパケットを送信可能である。

$$sndwin = \min(rwin + winoffset, cwnd) \quad \cdots (1)$$

ただし、 $\min(A, B)$ は、AまたはBのいずれか小さい値を示す。

【0044】また、送信処理部61は、(2)式により、輻輳回避閾値(ssthresh)を決定する。この輻輳回避閾値(ssthresh)は、輻輳制御部63の動作状態である緩開始状態(slow_start)と輻輳回避状態(congestion_avoidance)とを切り替えるために使用されるものである。また、この輻輳回避閾値(ssthresh)は輻輳制御部63に通知される(図4のステップS3)。

cは予め設定された定数であり、その値cは、ゲートウェイ21の台数や、下り衛星回線6の共有形態に応

じて決定する。

【0045】次いで、送信処理部61は、上記送信ウィンドウ (sndwin) の範囲内で、インターネット対応通信部52から入力されたパケットを端末31へ送信する。ここで、送信処理部61は、パケットを送信する度にその送信時刻を記録する。また、送信処理部61は、送信したパケットをバッファ62へ蓄積する。送信処理部61は、この送信動作を当該TCPコネクションが切断されるまで継続する(図4のステップS4、S5)。

【0046】次に、図5を参照して、輻輳制御部63の輻輳回避部66が行う輻輳回避動作を説明する。図5は、図3に示す輻輳回避部66が行う輻輳回避処理の流れを示すフローチャートである。まず、輻輳回避部66は、端末31から送達確認応答(ACK)パケットを受信すると、このACKパケットに該当の送信パケットの送信時刻を送信処理部61から取得して、そのパケット*

$$\text{actual_rate} = (\text{snd_nxtnow} - \text{snd_nxtold}) / (\text{今回計算したRTTave})$$
 ... (3)

ただし、snd_nxtnowは、今回の平均往復遅延時間(RTTave)を計算した時点における送信済データ量を示す。snd_nxtoldは、前回の平均往復遅延時間(RTTave)を計算した時点における送信済データ量を示す。

$$\text{pred_rate} = (\text{snd_nxtnow} - (\text{snd_una} + \max(\text{ack_no} - \text{snd_una} - \text{MSS}, 0))) / \text{aseRTT}$$
 ... (4)

ただし、ack_noはACKパケットのシーケンス番号を示す。snd_unaはACKパケット受信前における送信済パケットの最小シーケンス番号を示す。MSSはTCPデータパケットの最大長を示す。max(A, B)は、AまたはBのいずれか大きい値を示す。なお、(snd_una + max(ack_no - snd_una - MSS, 0))は、snd_nxtoldに相当する値となる。

【0050】次いで、輻輳回避部66は、現在の輻輳制御部63の動作状態が緩開始状態(slow_start)である場合、送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)を1増加させる。このように、ACKパケットの受信毎に輻輳ウィンドウ(cwnd)を1増加させると、輻輳ウィンドウ(cwnd)は指数関数的に増加することになる。

【0051】次いで、輻輳回避部66は、輻輳ウィンドウ(cwnd)が輻輳回避閾値(ssthresh)に達するか、あるいは、(5)式が成立した場合に、輻輳制御部63の動作状態を輻輳回避状態(congestion_avoidance)に移行させる(図5のステップS16～S20)。

$$\text{pred_rate} - \text{actual_rate} \geq \alpha \quad \dots (5)$$

ただし、 α は正の実数である。

【0052】一方、輻輳回避部66は、現在の輻輳制御部63の動作状態が輻輳回避状態(congestion_avoidance)であった場合には、以下の(6)～(8)のいずれかの処理を行う(図5のステップS21)。

(6) $\text{pred_rate} - \text{actual_rate} > \beta$ である場合は、送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)を1減らす。ただ

* 送信からACKパケット受信迄の往復遅延時間(RTTreal)を求める(図5のステップS11、S12)。

【0047】また、輻輳回避部66は、一定期間経過毎に、往復遅延時間(RTTreal)の総和を算出し、この総和から平均往復遅延時間(RTTave)を求める。ここで、往復遅延時間(RTTreal)の中で最小の値を基本往復遅延時間(BaseRTT)とする。(図5のステップS13、S14)。上記一定期間とは、前回、平均往復遅延時間(RTTave)を計算した時点における送信済データ(snd_nxt)が、全て送達確認されるまでの期間を指す。従って、ほぼ往復遅延時間毎に平均往復遅延時間(RTTave)の計算を行うことになる。

【0048】次いで、輻輳回避部66は、(3)式により、前回、平均往復遅延時間(RTTave)を計算した時点からの、パケットの実送信レート(actual_rate)を算出する。

※【0049】また、(4)式により、前回、平均往復遅延時間(RTTave)を計算した時点からの、パケットの予測送信レート(pred_rate)を算出する(図5のステップS15)。

し、 β は正の実数である。

(7) $\text{pred_rate} - \text{actual_rate} < \alpha$ である場合は、以後のACKパケット受信毎に送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)を $1/\text{cwnd}$ 増やす。これにより、送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)は線形的に増加することになる。

(8) $\alpha < \text{pred_rate} - \text{actual_rate} < \beta$ である場合は、送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)を変更しない。

【0053】このように、輻輳回避部66は、輻輳回避状態(congestion_avoidance)において、往復遅延時間(RTTreal)に基づいて送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)を増減する。したがって、送信処理部61の送信ウィンドウ(sndwin; 最大送信可能データ量)が往復遅延時間(RTTreal)に基づいて増加または減少されることになる。

【0054】上述した実施形態によれば、異なる伝送遅延を有した二つの伝送区間(インターネット回線区間および衛星回線区間)からなる伝送路において、遅延の大きな伝送区間(衛星回線区間)の影響を受けることなく伝送効率を向上することが可能である。さらに、遅延の大きな伝送区間の下り回線(衛星回線6)と上り回線(衛星回線7)のデータ伝送速度が非対称であった場合に、衛星回線区間の輻輳状況に応じてパケットの送信を行い、該伝送区間の輻輳を回避することが可能となる。この結果、データ伝送速度が小さい方の回線(衛星回線7)の輻輳により伝送効率が低下することを防止するこ

とができるという効果も得られる。

【0055】次に、図6を参照して、輻輳制御部63の輻輳回復部67が行う第1の輻輳回復動作を説明する。図6は、図3に示す輻輳回復部67が行う第1の輻輳回復処理の流れを示すフローチャートである。先ず、輻輳回復部67は、端末31から同一送信パケットについてのACKパケットを重複して受信すると、輻輳回避閾値(ssthresh)に、送信処理部61の輻輳ウインドウ(cwnd)の $1/2$ の値を設定する。また、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を送信処理部61の輻輳ウインドウ(cwnd)に設定する(図6のステップS31～S33)。

【0056】次いで、輻輳回復部67は、送信処理部61に対して送達未確認パケットがあれば再送を指示し、この指示によって送信処理部61は送達未確認パケットの再送を開始する(図6のステップS34)。

【0057】次いで、輻輳回復部67は、端末31から再送パケットのACKパケットを受信すると、送信処理部61の輻輳ウインドウ(cwnd)に、輻輳回避閾値(ssthresh)の値を設定し、輻輳制御部63の動作状態を輻輳回避状態(congestion_avoidance)に移行させる(図6のステップS35、S38)。

【0058】一方、再送パケットのACKパケットを未受信のまま、再度、ACKパケットを重複して受信すると、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量分(増加レート分)を送信処理部61の輻輳ウインドウ(cwnd)に加え、送信処理部61に対して送達未確認パケットがあれば再送を指示する(図6のステップS36、S37)。これにより、送信処理部61の送信ウインドウ(sndwin; 最大送信可能データ量)は、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量となる。ただし、これは、その最少のデータ量が端末31の受信ウインドウサイズの範囲内であった場合であるが、一般的に、受信ウインドウサイズは一パケット分以上のデータ量として通知される。

【0059】このように、端末31または衛星回線6等の輻輳により、例えば送信パケットが紛失して送達未確認のパケットが発生した場合には、再送パケットのACKパケットを受信するまで、端末31から重複したACKパケットを受信する毎に一パケットずつ順次、送達未確認パケットを再送する。

【0060】例えば、図10に示すように、ゲートウェイ21が端末31の受信ウインドウサイズ分(DATA1、2)を超えてパケット(DATA3～8)を先送りしたとする。ここで、端末31の輻輳によって送信パケット(DATA2)が紛失した場合には、当該パケット(DATA2)に加えて、既に先送り済みのパケット(DATA3～8)も再送することになる。これらパケット(DATA2～8)の再送の際に、本実施形態によれば、端末31からのACKパケット(ACK1; DA

TA1の送達確認応答パケット)を受信する毎に、1パケットずつ再送する。この結果、輻輳発生時には、端末31の受信可能速度(端末31の受信ウインドウサイズ)の範囲内で、パケットを再送することができるようになる。なお、この図10の例では、送達確認応答パケット(ACK1)を重複して三つ受信したことにより、パケット(DATA2)の紛失を検出してパケットの再送を開始している。これは、TCPの通常の再送手順である。

【0061】上述した実施形態によれば、遅延の大きな伝送区間(衛星回線区間)へパケットを再送する場合に、受信装置(端末31)の受信速度に合わせてパケットを再送することが可能となるので、パケット再送による輻輳の拡大を防止して輻輳からの回復時間を短縮することができるという効果が得られる。

【0062】次に、図7を参照して、輻輳制御部63の輻輳回復部67が行う第2の輻輳回復動作を説明する。図7は、図3に示す輻輳回復部67が行う第2の輻輳回復処理の流れを示すフローチャートである。先ず、輻輳回復部67は、再送タイムアウトが発生すると、以下の処理を行う。なお、送信処理部61は、送達確認対象のパケットを送信する毎に、再送タイマを起動しており、輻輳制御部63から当該パケットについてのACKパケット受信が通知されると、該再送タイマを停止する。したがって、送信したパケットについてのACKパケットが、再送タイムアウト時間までに受信されなかった場合には再送タイムアウトとなり、送信処理部61が輻輳回復部67へ再送タイムアウトの発生を通知する。

【0063】初めに、輻輳回復部67は、輻輳回避閾値(ssthresh)に、送信処理部61の輻輳ウインドウ(cwnd)の $1/2$ の値を設定し、また、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を送信処理部61の輻輳ウインドウ(cwnd)に設定する(図7のステップS41～S43)。これにより、送信処理部61の送信ウインドウ(sndwin; 最大送信可能データ量)は、送達確認済みであるパケットの次の送達未確認パケットのみを送信可能な最少のデータ量となる。

【0064】次いで、輻輳回復部67は、送信処理部61に対して送達未確認パケットを一パケットのみ再送するように指示し、この指示によって送信処理部61は送達未確認パケットを一パケットのみ再送する(図7のステップS44)。

【0065】次いで、輻輳回復部67は、再送したパケットのACKパケットを端末31から受信するまで待つ。再送したパケットのACKパケットを端末31から受信すると、輻輳回復部67は、輻輳制御部63の動作状態を緩開始状態(slow_start)に移行させる(図7のステップS45、46)。

【0066】このように本実施形態によれば、端末31または衛星回線6等の輻輳により、再送タイムアウトが

発生した場合には、一つの送達未確認パケットの送達確認が完了するまで、次の送達未確認パケットを再送しない。このように、再送タイムアウトのように重度の輻輳発生時には、受信装置との間で相互に送達確認を行いながら一パケットずつ送達未確認パケットを再送するので、輻輳が拡大することがなく、結果的に、輻輳からの回復時間を短縮することができるという効果が得られる。

【0067】次に、図8、図11を参照して、輻輳制御部63のウィンドウ閉塞対処部68が行うウィンドウ閉塞対処動作を説明する。図8は、図3に示すウィンドウ閉塞対処部68が行うウィンドウ閉塞対処処理の流れを示すフローチャートである。初めに、図11に示すように、端末31がファイルのダウンロードをサーバ4に対して要求し、サーバ4からパケット(DATA)が送信される。ここで、ゲートウェイ21は、端末31の受信ウィンドウサイズを超えて、通常転送分に加えて先送りのパケットを端末31に転送する。

【0068】次いで、端末31は、受信ウィンドウサイズの範囲内の通常転送分のパケットを蓄積し、ウィンドウ閉塞状態になる。このウィンドウ閉塞は、端末31の利用者からの入力待ち(ダウンロードするファイルについての出力先ファイル名の入力待ち)によるものである。このウィンドウ閉塞時には、端末31は、受信したデータを廃棄するので、ゲートウェイ21から先送りされたパケットは廃棄される。また、端末31は、ウィンドウ閉塞を通知するために、ウィンドウ閉塞中にパケットを受信する度、winsize_field値が0であるACKパケット(以下、ZWAパケットと称する)を送信する。

【0069】次いで、ウィンドウ閉塞対処部68は、このZWAパケットを所定数連続して受信すると、このZWAパケットの受信時刻を記録する。また、ウィンドウ閉塞からのウィンドウ回復時に、緩開始状態(slow_start)で使用する輻輳回避閾値(sssthresh)として、(9)式により、値(old_sssthresh)を記録しておく(図8のステップS51~S53)。old_sssthresh = max(sssthresh, cwnd) ... (9) これにより、緩開始状態(slow_start)で使用する輻輳回避閾値(sssthresh)の値が不必要に小さくなることを防ぐことができる。

【0070】なお、ZWAパケットについては、上記図6の輻輳回復部67の第1の輻輳回復処理における重複したACKパケットには含めない。これにより、ウィンドウ閉塞中において、重複したZWAパケットの受信により、無駄なパケットの再送を防止することができる。また、ZWAパケットを送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)増加の対象とはしない。これにより、ウィンドウ閉塞中に輻輳ウィンドウ(cwnd)が拡大して新規にパケットが送信されることを防止することができる。

【0071】なお、ZWAパケットを重複したACKパケット受信の対象にしないため、再送タイムアウトが発

生するまでパケット紛失が検出できない可能性も考えられる。しかし、ゲートウェイ21では、先送りにより多数のパケットを送信するため、端末31の一時的な受信ウィンドウ閉塞の場合は、受信ウィンドウ回復後に、ZWAパケットではなく、受信ウィンドウサイズを含んだ(winsize_field値が0ではない)ACKパケットが検出できると考えられるので、特に問題は生じない。

【0072】次いで、端末31にファイル名が入力され、端末31がウィンドウ閉塞からウィンドウ開状態になり、ウィンドウ閉塞対処部68は、端末31からウィンドウ開通知のACKパケットを受信すると、記録しておいたZWAパケットの受信時刻からの経過時間と閾値(Thr_ztm)を比較する。この比較の結果、閾値を越えていた場合に、ウィンドウ閉塞対処部68は、送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)に初期値(cwnd_init)を設定し、また、輻輳回避閾値(sssthresh)に記録しておいた値(old_sssthresh)を設定する(図8のステップS54~S57)。

【0073】次いで、ウィンドウ閉塞対処部68は、輻輳制御部63の動作状態を緩開始状態(slow_start)に移行し、送信処理部61に対して送達未確認パケットの再送を指示する。この指示によって送信処理部61は送達未確認パケットの再送を開始する(図8のステップS58)。

【0074】一方、上記ステップS55の比較の結果、閾値を越えていなかった場合には、ウィンドウ閉塞対処部68は、記録しておいたZWAパケットの受信時刻をリセットし、その処理を終了する(図8のステップS61)。

【0075】また、ウィンドウ閉塞から回復する前に、再送タイムアウトが発生した場合には、ウィンドウ閉塞対処部68は、送信処理部61の輻輳ウィンドウ(cwnd)に1を設定して、送達未確認パケットを1パケットのみ再送するように指示する(図8のステップS59、S60)。これにより、ウィンドウ開通知のACKパケットの受信を待つことなく、いち早く端末31がウィンドウ閉塞から回復したか確認することができる。この結果として、パケットの再送完了までの時間を短縮することができるという効果が得られる。

【0076】上述した実施形態によれば、無駄なパケットを送信することがなくなるので、受信装置(端末31)のウィンドウ閉塞により紛失したパケットの再送を効率よく行うことができる。また、再送パケットを伝送する下り回線(衛星回線6)を共有している場合には、無駄なパケットを送信することによってその下り回線の伝送効率が低下するという問題も解消する。

【0077】なお、上述した実施形態においては、送信処理部がパケット転送手段に対応する。また、インターネット回線対応通信部が送達確認応答代行手段として機能する。また、第1の伝送区間がインターネット回線区

10

20

30

40

50

間に対応し、第2の伝送区間が衛星回線区間に対応する。

【0078】なお、上述した実施形態においては、上り回線と下り回線のデータ伝送速度が非対称な伝送路として衛星回線を適用したが、他の伝送路にも同様に適用可能である。このような非対称な伝送路としては、例えば、移動通信網における移動端末と基地局間の通信回線がある。

【0079】以上、本発明の実施形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、第1の伝送区間からこの第1の伝送区間よりも伝送遅延が大きい第2の伝送区間へ転送されたパケットを受信する受信装置から通知された最大受信可能データ量を超えて、第1の伝送区間から受信したパケットを第2の伝送区間へ送信し、また、バッファ手段に蓄積した転送済みのパケットを使用して送達未確認パケットの再送を行い、また、第2の伝送区間へ送信されたパケットについての送達確認応答パケットを、該受信装置からの受信を待たずに代行して第1の伝送区間へ送信する。これにより、異なる伝送遅延を有した二つの伝送区間からなる伝送路において、遅延の大きな伝送区間の影響を受けることなく伝送効率を向上することが可能である。さらに、第2の伝送区間へパケットを送信してから、該パケットの送達確認応答パケットを該受信装置から受信するまでの往復遅延時間に基づいて、第2の伝送区間への最大送信可能データ量を増加または減少させるようにしたので、遅延の大きな伝送区間の下り回線と上り回線のデータ伝送速度が非対称であった場合に、遅延の大きな伝送区間の輻輳状況に応じてパケットの送信を行い、該伝送区間の輻輳を回避することが可能となる。この結果、データ伝送速度が小さい方の回線の輻輳により伝送効率が低下することを防止することができるという効果も得られる。

【0081】さらに、送達未確認のパケットがあることを検出した場合に、最前の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を最大送信可能データ量として設定し、送達未確認パケットの再送を指示し、受信装置から送達確認応答パケットを受信する毎に、順次、次の送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を最大送信可能データ量として設定するようにすれば、遅延の大きな伝送区間へパケットを再送する場合に、受信装置の受信速度に合わせてパケットを再送することが可能となるので、パケット再送による輻輳の拡大を防止して輻輳からの回復時間を短縮することができるという効果が得られる。

【0082】さらに、再送タイムアウトによって送達未

確認のパケットがあることの検出がなされた場合には、再送された送達未確認パケットの送達確認応答パケットを受信するまで、該送達未確認パケットを送信可能な最少のデータ量を最大送信可能データ量として使用し続けるようにすれば、一つの送達未確認パケットの送達確認が完了するまで、次の送達未確認パケットを再送しなくすることができる。このように、再送タイムアウトのように重度の輻輳発生時には、受信装置との間で相互に送達確認を行いながら一パケットずつ送達未確認パケットを再送するので、輻輳が拡大することがなく、結果的に、輻輳からの回復時間を短縮することができるという効果が得られる。

【0083】また、受信装置からウインドウ閉塞通知を受信した場合、該通知受信時点からウインドウ回復通知受信時点までの時間を計測し、この計測の結果、所定時間以上の経過を条件として送達未確認パケットの再送を指示するようにすれば、無駄なパケットを送信することがなくなるので、受信装置のウインドウ閉塞により紛失したパケットの再送を効率よく行うことができる。また、再送パケットを伝送する下り回線を共有している場合には、無駄なパケットを送信することによってその下り回線の伝送効率が低下するという問題も解消する。

【0084】さらに、再送タイムアウトが発生した場合には、少なくとも一つの送達未確認パケットの再送を指示するようにすれば、ウインドウ開通知の送達確認応答パケット（ACKパケット）の受信を待つことなく、いち早く受信装置がウインドウ閉塞から回復したか確認することができる。この結果として、パケットの再送完了までの時間を短縮することができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態によるパケット中継装置（ゲートウェイ）21を備えた衛星通信システムの全体構成を示すブロック図である。

【図2】 図1に示すゲートウェイ21の構成を示すブロック図である。

【図3】 図2に示す衛星回線対応通信部51の構成を示すブロック図である。

【図4】 図3に示す送信処理部61が行うパケット転送処理の流れを示すフローチャートである。

【図5】 図3に示す輻輳回避部66が行う輻輳回避処理の流れを示すフローチャートである。

【図6】 図3に示す輻輳回復部67が行う第1の輻輳回復処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】 図3に示す輻輳回復部67が行う第2の輻輳回復処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】 図3に示すウインドウ閉塞対処部68が行うウインドウ閉塞対処処理の流れを示すフローチャートである。

【図9】 図1に示すゲートウェイ21の動作を説明す

るための第1のシーケンス図である。

【図10】 図1に示すゲートウェイ21の動作を説明するための第2のシーケンス図である。

【図11】 図1に示すゲートウェイ21の動作を説明するための第3のシーケンス図である。

【図12】 従来のパケット中継装置（ゲートウェイ）41を備えた衛星通信システムの全体構成を示すブロック図である。

【図13】 図12に示すゲートウェイ41の動作を説明するためのシーケンス図である。

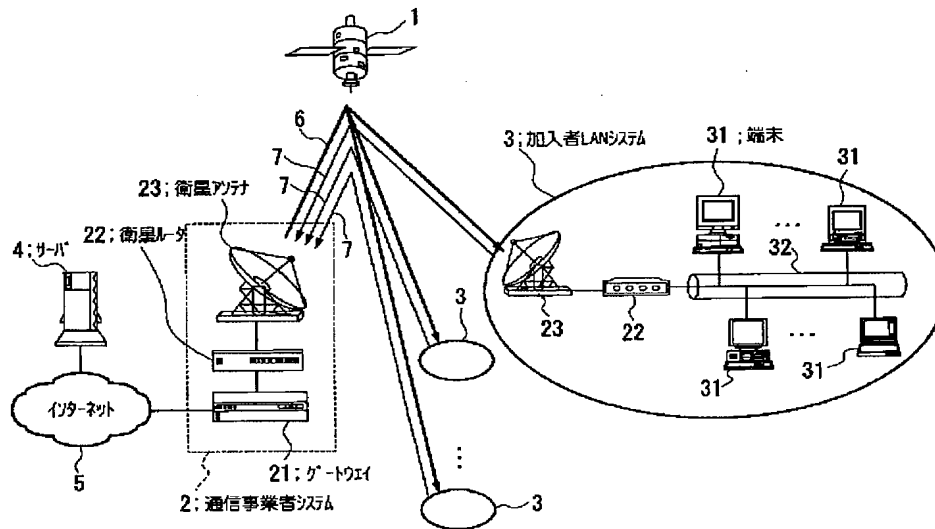
【符号の説明】

- 1 通信衛星
- 2 通信事業者システム
- 3 加入者LANシステム
- 4 サーバ
- 5 インターネット

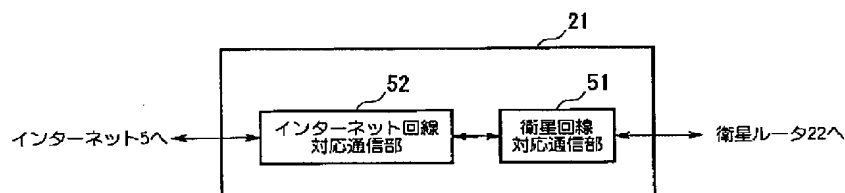
* 6、7 衛星回線

- 21 パケット中継装置（ゲートウェイ）
- 22 衛星ルータ
- 23 衛星アンテナ
- 31 端末
- 32 LAN
- 51 衛星回線対応通信部
- 52 インターネット回線対応通信部
- 61 送信処理部
- 62 バッファ
- 63 輻輳制御部
- 64 受信処理部
- 65 送受インタフェース部
- 66 輻輳回避部
- 67 輻輳回復部
- * 68 ウインドウ閉塞対処部

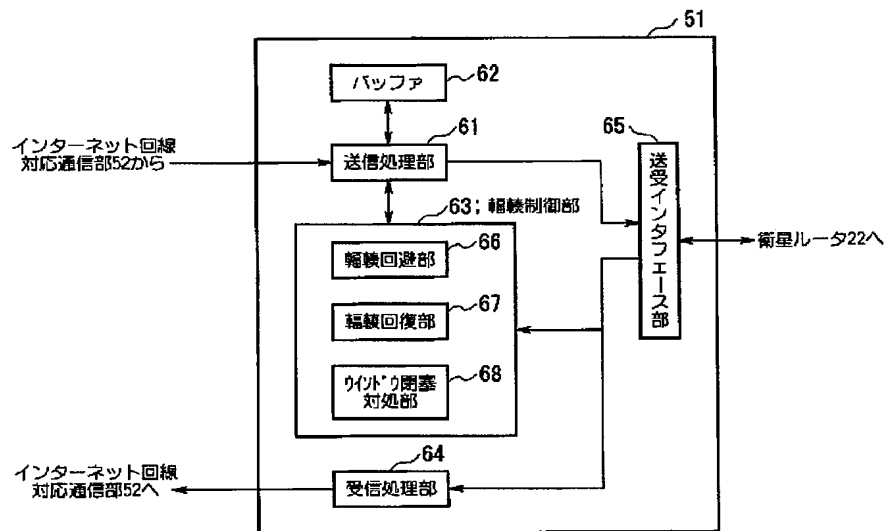
【図1】



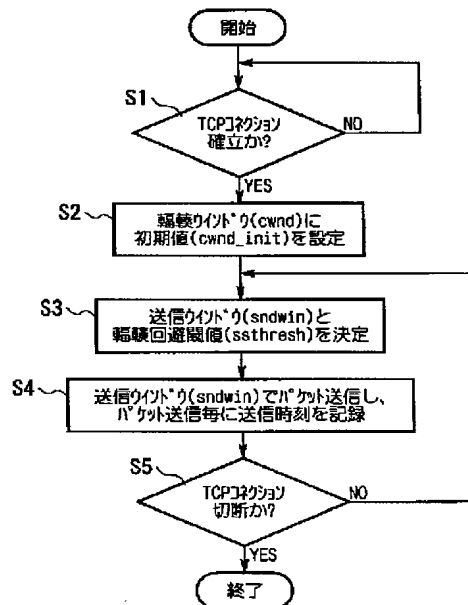
【図2】



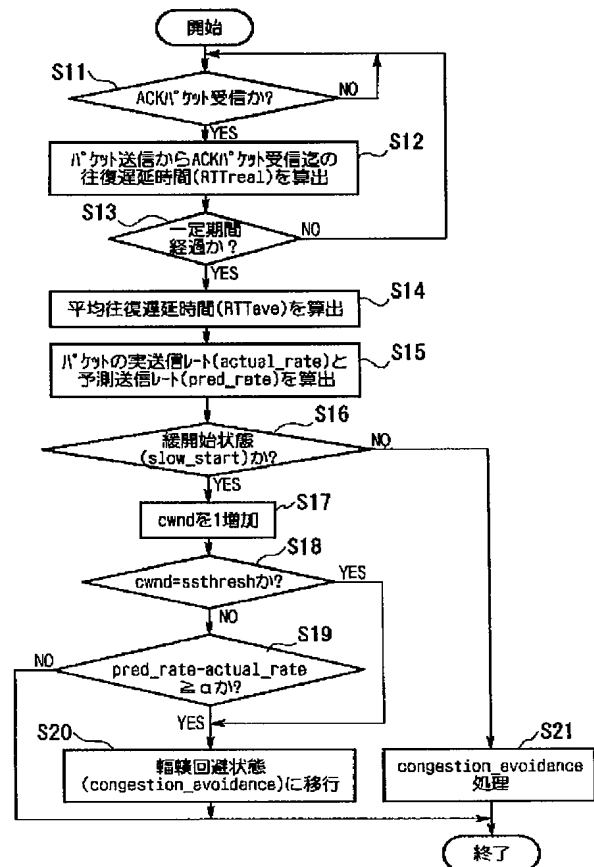
【図3】



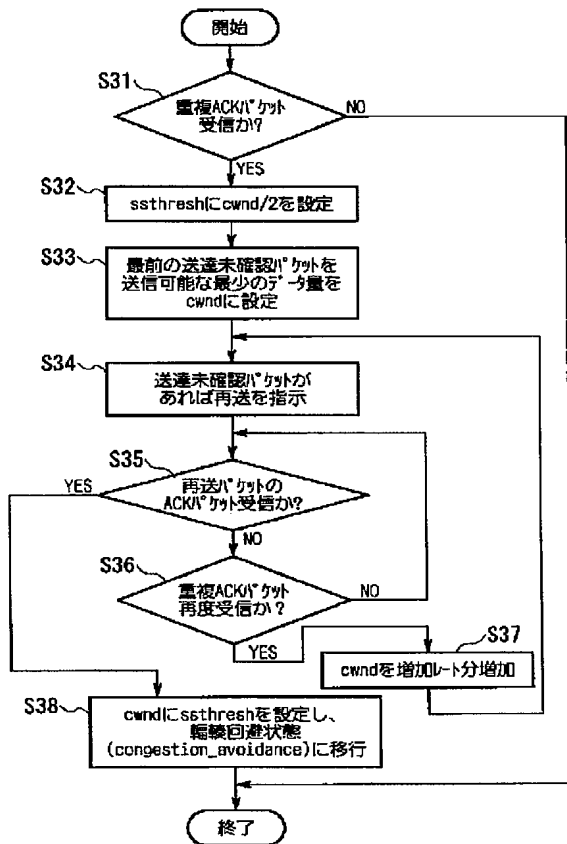
【図4】



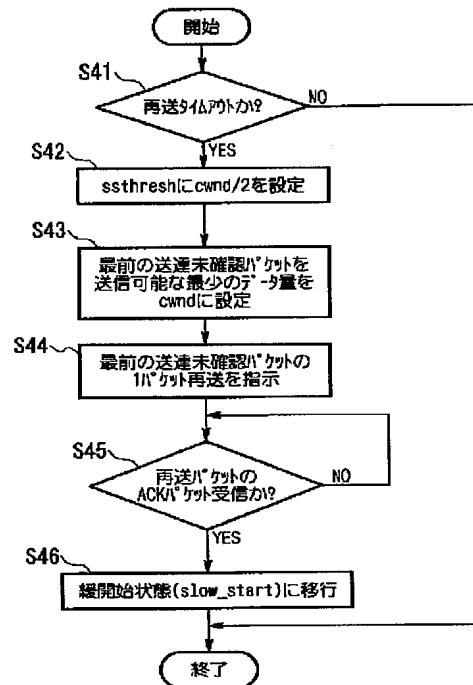
【図5】



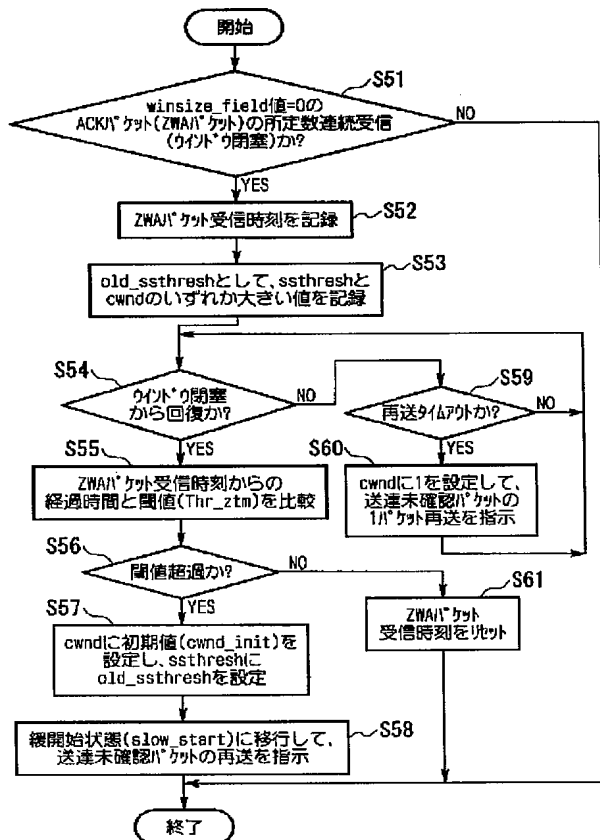
【図6】



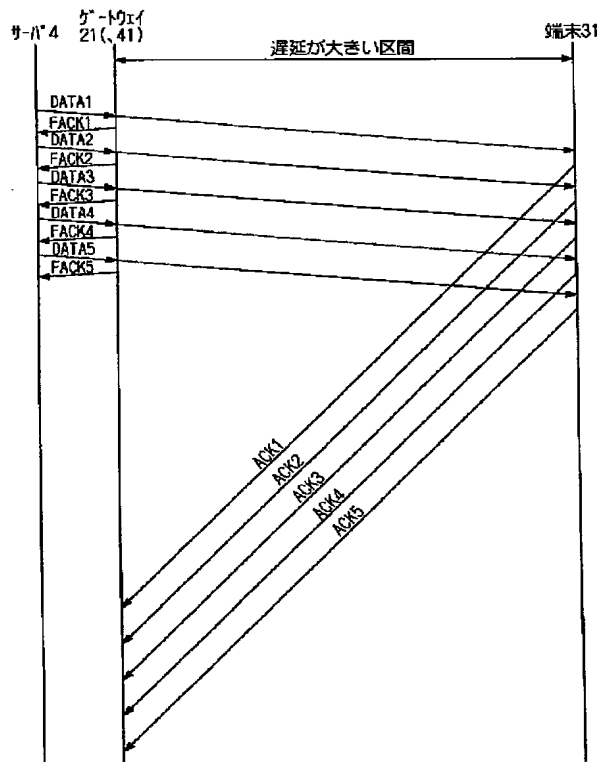
【図7】



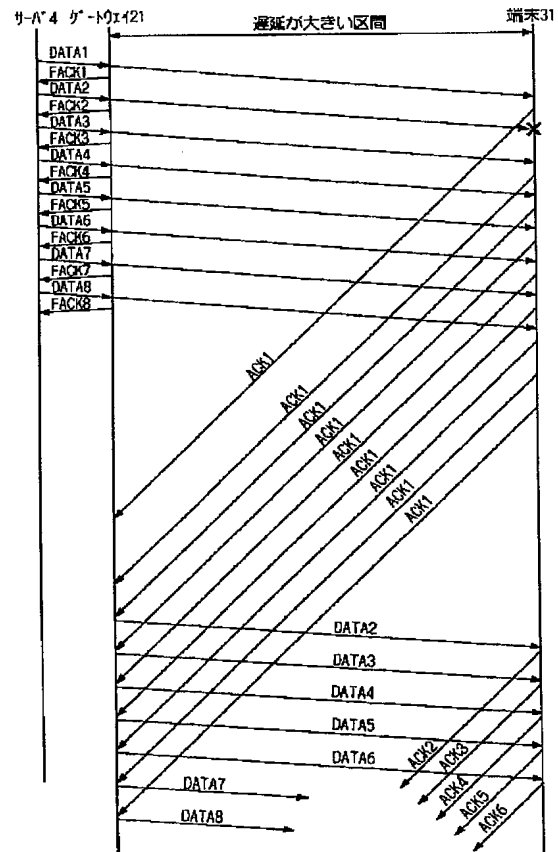
【図8】



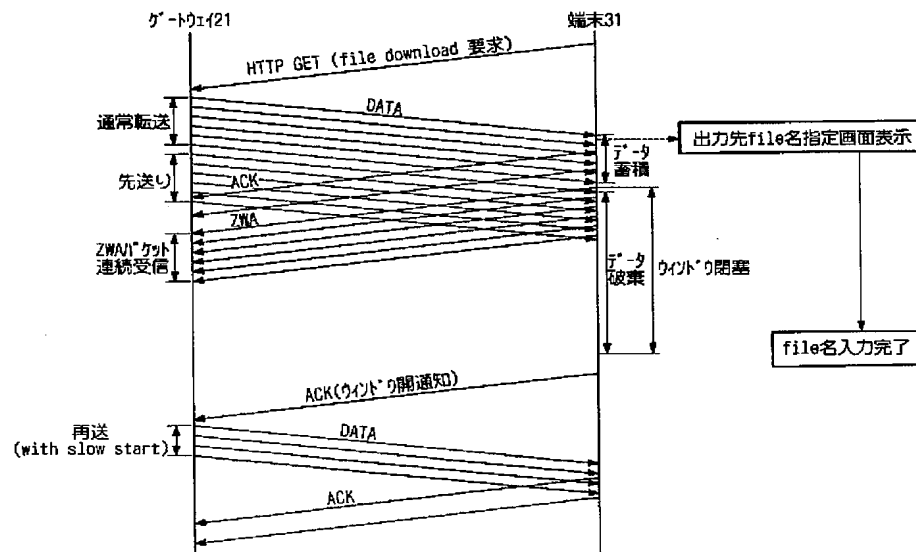
【図9】



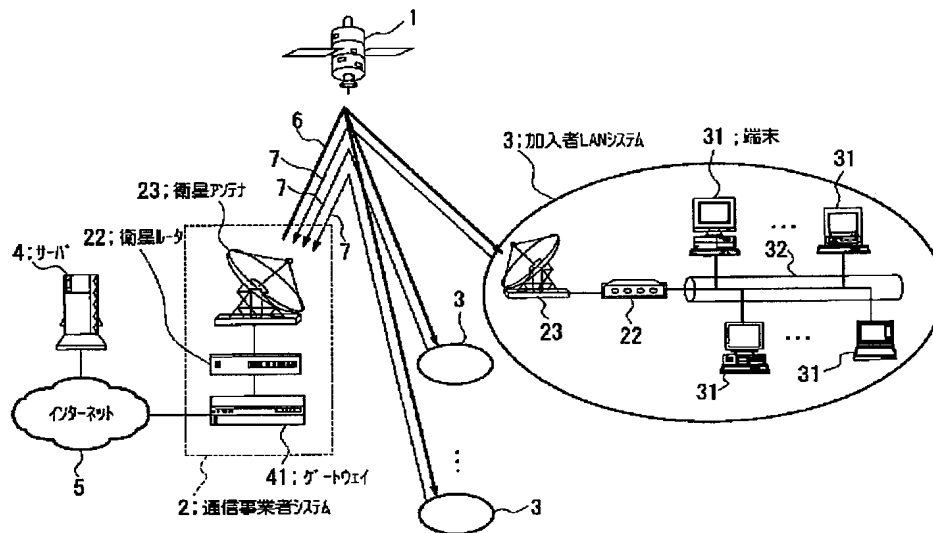
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

